

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-267729

(43)Date of publication of application : 22.09.1994

(51)Int.Cl.

H01F 1/34

C01G 49/00

C04B 35/38

(21)Application number : 05-052771

(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP

(22)Date of filing : 15.03.1993

(72)Inventor : SASAKI NORIMASA

ITO KAORU

YAMANA YOSHITAKA

## (54) HIGH FREQUENCY MN-ZN FERRITE MAGNETIC MATERIAL

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To obtain a high frequency Mn-Zn ferrite core having low loss and high saturation magnetic flux density.

**CONSTITUTION:** This high frequency Mn-Zn ferrite magnetic material comprises, as main ingredients,  $71.5 \pm 2\text{wt.}\%$  of  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $22.5 \pm 2\text{wt.}\%$  of MnO and  $6.0 \pm 2\text{wt.}\%$  of ZnO of a composition, simultaneously, as infinitesimal amounts of additives, 0.005–0.100wt.% of  $\text{SiO}_2$ , 0.010–0.500wt.% of CaO, 0.010–0.500wt.% of  $\text{TiO}_2$  0.005–0.100wt.% of  $\text{V}_2\text{O}_5$  and 0.005–0.100wt.% of  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ , wherein a mean crystalline grain size is a range of 0.5–5.0 $\mu\text{m}$ . Magnetic characteristics of high frequency and low loss are obtained by the ferrite having a structure in which a quotient of a standard deviation by the mean crystalline grain size is 0.5 or less, and 520mT or more of large value is obtained as a saturated magnetic flux density. When the additives are further limited to preferable ranges, the ferrite having further higher frequency and lower loss is provided.

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-267729

(43)公開日 平成6年(1994)9月22日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
H 0 1 F 1/34	B			
C 0 1 G 49/00	B			
C 0 4 B 35/38	Z			

審査請求 未請求 請求項の数1 OL (全8頁)

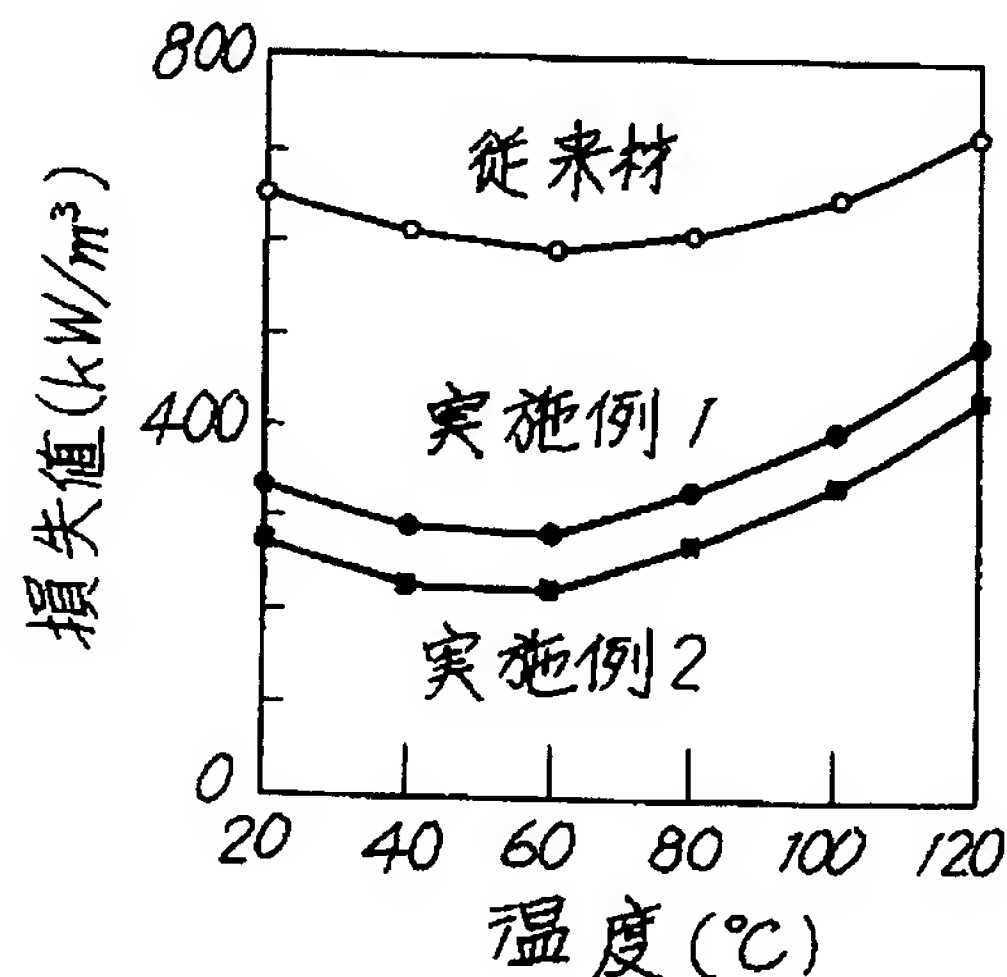
(21)出願番号	特願平5-52771	(71)出願人	000006655 新日本製鐵株式会社 東京都千代田区大手町2丁目6番3号
(22)出願日	平成5年(1993)3月15日	(72)発明者	佐々木 教真 神奈川県川崎市中原区井田1618番地 新日本製鐵株式会社先端技術研究所内
		(72)発明者	伊藤 薫 神奈川県川崎市中原区井田1618番地 新日本製鐵株式会社先端技術研究所内
		(72)発明者	山名 芳隆 千葉県君津市君津1番地 新日本製鐵株式会社君津製鐵所内
		(74)代理人	弁理士 椎名 疆 (外1名)

(54)【発明の名称】 高周波用Mn-Znフェライト磁性材料

(57)【要約】 (修正有)

【目的】 低損失かつ飽和磁束密度の大きい高周波用Mn-Znフェライトコアを得る。

【構成】 主成分として $\text{Fe}_2\text{O}_3/71.5 \pm 2 \text{ wt} \%$ 、 $\text{MnO}/22.5 \pm 2 \text{ wt} \%$ 、 $\text{ZnO}/6.0 \pm 2 \text{ wt} \%$ の組成を持ち、微量添加物として $\text{SiO}_2/0.005 \sim 0.100 \text{ wt} \%$ 、 $\text{CaO}/0.010 \sim 0.500 \text{ wt} \%$ 、 $\text{TiO}_2/0.010 \sim 0.500 \text{ wt} \%$ 、 $\text{V}_2\text{O}_5/0.005 \sim 0.100 \text{ wt} \%$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5/0.005 \sim 0.100 \text{ wt} \%$ を同時に含み、さらに平均結晶粒径が $0.5 \mu\text{m} \sim 5.0 \mu\text{m}$ の範囲にあり、標準偏差を平均結晶粒径で割ったものが0.5以下の構造を有するMn-Znフェライトにより、高周波で低損失な磁気特性が得られ、飽和磁束密度に520mT以上と大きい値が得られた。添加物を更に好ましい範囲に限定するとさらに低損失の高周波用Mn-Znフェライトが提供できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 主成分として、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  71.5±2 wt%、 $\text{MnO}$  22.5±2 wt%、 $\text{ZnO}$

6.0±2 wt%、の組成を持ち、かつ微量元素として、 $\text{SiO}_2$  0.005~0.100 wt%、 $\text{CaO}$  0.010~0.500 wt%、 $\text{TiO}_2$

0.010~0.500 wt%、 $\text{V}_2\text{O}_5$  0.005~0.100 wt%、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$  0.005~0.100 wt%、を同時に含み、さらに平均結晶粒径が0.

5  $\mu\text{m}$ ~5.0  $\mu\text{m}$ の範囲にあり、標準偏差を平均粒径で割ったものが0.5以下の結晶構造を有する、飽和磁束密度が520 mT以上、50 mTでの損失値が500 kHzで55 kW/m<sup>3</sup>以下で、1 MHzで280 kW/m<sup>3</sup>以下である高周波用Mn-Znフェライト磁性材料。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は近年高周波化が進んでいるスイッチング電源などのトランス磁心に用いられる高周波用Mn-Znフェライトコアに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】エレクトロニクス機器の小型化に伴って使用される電子部品の小型化も進んできている。特に回路に電力を供給する電源はあらゆるエレクトロニクス製品に使用されており小型軽量化が望まれている。電源の中でもスイッチング電源はシリーズ型電源と比べ小型軽量であるため多くのエレクトロニクス機器に搭載されている。そして、ブック型のワードプロセッサやパソコン、携帯電話などの更なる小型軽量化への要求を満たすための改良が加えられてきている。

【0003】さて、スイッチング電源の小型軽量化の技術の中でスイッチング周波数の高周波化は必要不可欠な技術である。最近ではスイッチング周波数も500 kHzのものから、さらには1 MHzのものも志向されている。しかし、その様な高周波化の実現のためには使用する電子部品の高周波での損失を、現状よりも小さくする必要がある。そのような電子部品の中でも損失の低減が特に必要な部品が、スイッチング用のトランジスタやFET、ダイオード、そして本発明に係るトランス磁心である。

【0004】従来の高周波用低損失トランス磁心としては、特開平4-230006、特開平4-150007、特開平4-192307、特開平4-192308、特開平4-149026、特開平3-242906、特開平3-248405、特開平3-248404、特開平3-233907、特開平3-212906、特開平3-184307、特開平3-163802、特開平3-135002、特開平3-135003、特開平3-93667、特開平2-156511、特開平1-224265、特開昭63-319254、

特開昭60-91602号公報などがある。これらの技術の特徴のひとつは添加物による粒界相の高抵抗化による高周波損失の低減にある。特開平4-230006号公報では、さらに焼結体の結晶粒径の範囲を定め2 MHz以上の低損失材を提供している。

【0005】しかし、このような高周波用Mn-Znフェライトコアは飽和磁束密度が通常材料に比べ小さいことが問題である。飽和磁束密度はトランスの安全性の点で重要であり、スパイクノイズなどによりトランスが飽和磁束密度に達すると磁性材料としての役割を果たさなくなるため、トランジスタなどの半導体素子に許容範囲を越えた電流が流れ破壊に至る。このため飽和磁束密度が高い材料が高周波低損失材においても待望されている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、高周波スイッチング電源に使用される飽和磁束密度が大きく、かつ高周波での損失の小さい高周波用Mn-Znフェライトを提供するものである。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために請求項1に記載した、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  71.5±2 wt%、 $\text{MnO}$  22.5±2 wt%、 $\text{ZnO}$  6.0±2 wt%、を主成分とし、 $\text{SiO}_2$  0.005~0.100 wt%、 $\text{CaO}$  0.010~0.500 wt%、 $\text{TiO}_2$  0.010~0.500 wt%、 $\text{V}_2\text{O}_5$  0.005~0.100 wt%、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$  0.005~0.100 wt%、を同時に含む化学組成を有し、かつ平均結晶粒径が0.5  $\mu\text{m}$ ~5.0  $\mu\text{m}$ であり、その標準偏差を平均結晶粒径で割ったものが0.5以下の結晶構造を有する飽和磁束密度の大きな損失の小さい高周波用Mn-Znフェライトを発明し上記課題を解決した。

【0008】この成分の請求範囲は次の理由により決定された。即ち、主成分の範囲は、これを外れるとMn-Znフェライト本来の特性が悪化するためヒステリシス損失値が著しく増加し、添加物による粒界・粒内構造制御および平均結晶粒径制御の効果が発揮されなくなるために限定している。 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{CaO}$ は、これを外れると下限値以下では焼結初期の異常粒成長抑制効果が薄れ結晶粒径を請求範囲にある粒径とすることが困難となり、上限値以上ではフェライト主成分との反応で生じる液相により異常粒成長を生じ、いずれも損失値を悪化させるのでこの範囲に定めた。

【0009】また、 $\text{TiO}_2$ が請求項の範囲を外れると、下限値以下ではコアの電気抵抗の上昇が望めず高周波での特性が十分に得られず、上限値以上では異常粒成長を起こしたり内部歪みにより磁気特性が悪化し、まれには亀裂が生じる。このため請求範囲に限った。 $\text{V}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ は低温での焼結促進添加物であるため請

求項の範囲を外れると、下限値以下では焼結初期の焼結促進が促されず最終的に気孔が残り密度が低下するため高飽和磁束密度が得られず、上限値以上では結晶粒径の巨大化により高周波での特性が得られない。従って請求項の範囲に限定した。

【0010】さらに、平均結晶粒径 $0.5\mu\text{m}\sim 5.0\mu\text{m}$ の範囲は、これ以下の結晶粒径を持つ構造においては通常の焼結による方法では焼結密度が十分に得られず実用的ではなく、上限値以上の結晶粒径では高周波での損失が悪化する。また標準偏差を平均結晶粒径で割った値が0.5以下の範囲でない場合、範囲外の粒径を持つ結晶の影響が顕著になるため磁気特性が悪化する。従って、このような範囲に定めた。

【0011】請求範囲に示す組成・構造を持つ高周波用Mn-Znフェライトは、通常材の焼結密度が $4.7\sim 4.8\text{g}/\text{cm}^3$ であるのに対して $4.9\text{g}/\text{cm}^3$ 以上であり、飽和磁束密度が $520\text{mT}$ 以上ある。このような高密度でありながら、なおかつ微細結晶粒を有するため高周波における損失も非常に小さい特徴を有する。このような優れた特性は上記理由により定めた請求範囲の主成分と $\text{SiO}_2$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{V}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ および焼結体の構造をすべて満たして初めて得られるものである。

【0012】さらに、請求項1の範囲は好ましくは、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$   $71.5\pm 2\text{wt}\%$ 、 $\text{MnO}$   $22.5\pm 2\text{wt}\%$ 、 $\text{ZnO}$   $6.0\pm 2\text{wt}\%$ 、の組成を持ち、かつ微量元素として、 $\text{SiO}_2$   $0.012\sim 0.033\text{wt}\%$ 、 $\text{CaO}$   $0.062\sim 0.150\text{wt}\%$ 、 $\text{TiO}_2$   $0.150\sim 0.250\text{wt}\%$ 、 $\text{V}_2\text{O}_5$   $0.005\sim 0.020\text{wt}\%$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$   $0.015\sim 0.025\text{wt}\%$ 、を同時に含み、さらに平均結晶粒径が $0.5\mu\text{m}\sim 5.0\mu\text{m}$ の範囲にあり、標準偏差を平均粒径で割ったものが0.5以下の結晶構造を有するものとした方が良く、この範囲に於いては、損失値が $500\text{kHz}$ では10%以上、 $1\text{MHz}$ では20%以上改善される。

【0013】また、平均結晶粒径 $0.5\mu\text{m}\sim 5.0\mu\text{m}$ 、標準偏差の平均結晶粒径による平均が0.5以下の結晶構造をもつ本発明品は、平均粒径が $0.04\mu\text{m}\sim 1.0\mu\text{m}$ で、対数正規分布と見なしたときの幾何標準偏差が1.65以下の粉体特性を持ち、主成分が請求項1の範囲内にある噴霧焙焼粉を用いて、焼成温度 $1000\sim 1150^\circ\text{C}$ 、最高温度での焼成時間 $2\sim 10$ 時間で酸素濃度 $p\text{O}_2$ を制御し焼成することにより得ることができる。酸素濃度制御は $\log(p\text{O}_2)=-1454/T+10.476$ に従って行う。

【0014】

【作用】以上に述べたような添加物および粒径制御の複合効果により、高周波での損失値が $50\text{mT}$ の $500\text{kHz}$ で $55\text{kW}/\text{m}^3$ 以下、 $1\text{MHz}$ で $280\text{kW}/\text{m}^3$

以下となり、現在市販されている高周波用Mn-ZnフェライトPC50(TDK株式会社製)のカタログ値 $500\text{kHz}$ で $80\text{kW}/\text{m}^3$ 、 $1\text{MHz}$ で $310\text{kW}/\text{m}^3$ より一層低損失となった。また、本発明では飽和磁束密度の値が $520\text{mT}$ 以上であり、PC50のカタログ値 $470\text{mT}$ よりも $50\text{mT}$ 以上高い値を持つ高周波用Mn-Znフェライトが得られる。

【0015】さらに好ましい範囲、すなわち微量元素が、 $\text{SiO}_2$   $0.012\sim 0.033\text{wt}\%$ 、 $\text{CaO}$   $0.062\sim 0.150\text{wt}\%$ 、 $\text{TiO}_2$   $0.150\sim 0.250\text{wt}\%$ 、 $\text{V}_2\text{O}_5$   $0.005\sim 0.020\text{wt}\%$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$   $0.015\sim 0.025\text{wt}\%$ 、の範囲にあり、その他は請求項1の条件を満たす場合には、損失が $50\text{mT}$ の $500\text{kHz}$ で $48\text{kW}/\text{m}^3$ 、 $1\text{MHz}$ で $220\text{kW}/\text{m}^3$ となり更に損失の低減効果が顕れる。また、この範囲においても飽和磁束密度は $520\text{mT}$ 以上と大きな値である。

【0016】

【実施例】以下、本発明による高周波用Mn-Znフェライトの特性および製法の詳細について説明する。

実施例1

$\text{Fe}_2\text{O}_3$ が $71.6\text{wt}\%$ 、 $\text{MnO}$ が $22.5\text{wt}\%$ 、 $\text{ZnO}$ が $5.9\text{wt}\%$ の組成を持つ噴霧焙焼法によって得た粉に、 $\text{SiO}_2$ を $0.050\text{wt}\%$ 、 $\text{CaO}$ 換算で $\text{CaCO}_3$ を $0.200\text{wt}\%$ 、 $\text{TiO}_2$ を $0.400\text{wt}\%$ 、 $\text{V}_2\text{O}_5$ を $0.040\text{wt}\%$ 、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ を $0.050\text{wt}\%$ 添加しボールミルにて混合した。混合後の粉体をレーザー回折式粒度分布測定器によって解析したところ平均粒径が $0.84\mu\text{m}$ 、対数正規分布と見なしたときの幾何標準偏差 $\sigma_g$ は1.55であった。ここで幾何標準偏差 $\sigma_g$ は、 $\sigma_g=(\text{積算ふるい下}84.18\%\text{径})/(50\%\text{粒子径})$ である。この粉をPVA(ポリビニルアルコール)が1%、水分が $3\pm 0.5\%$ になるよう調整し、焼結後の形状がおよそ外径 $25\text{mm}$ 、内径 $16\text{mm}$ 、高さ $7\text{mm}$ なるリング状のコアに成形圧力 $2\text{ton}/\text{cm}^2$ でプレスした。

【0017】この成形体を $500^\circ\text{C}$ まで $5^\circ\text{C}/\text{hr}$ で昇温し、 $1100^\circ\text{C}$ まで $100^\circ\text{C}/\text{hr}$ で昇温する。途中 $800^\circ\text{C}$ で雰囲気を空気から窒素ガスによって制御した酸素濃度 $0.74\%$ の雰囲気に切り換える。 $1100^\circ\text{C}$ に達した後5時間保持し、 $\text{Fe}^{+2}$ の量をコントロールするための酸素濃度制御の式 $\log(p\text{O}_2)=-14544/T+10.476$ に従い次第に酸素濃度を低くしながら $800^\circ\text{C}$ まで $150^\circ\text{C}/\text{hr}$ で降温し、それ以後窒素雰囲気中で炉冷する。得られたコアの切断面を研磨し、エッチングした。観察される組織から求めた平均結晶粒径は $1.7\mu\text{m}$ で、その標準偏差を平均結晶粒径で割った値は0.4であり請求項1に示した構造を持っている。

【0018】このようにして得た高周波Mn-Znフェ



ライトコアの500kHz、1MHzでの磁束密度50mTにおける損失の温度依存性を図1および図2に示す。ここで従来材としては、成分として $\text{Fe}_2\text{O}_3$ …71.32wt%、 $\text{MnO}$ …22.64wt%、 $\text{ZnO}$ …6.04wt%、 $\text{SiO}_2$ …0.067wt%、 $\text{CaO}$ …0.099wt%、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ …0.027wt%、 $\text{TiO}_2$ …0.280wt%を有する市販されている高周波用Mn-Znフェライトについて実際に測定した値について示す。損失の測定にはB-Hアナライザー（岩崎通信株式会社製）を用いた。

【0019】図1および図2から明らかなように、本発明品の損失値は従来材の値より遙に小さく、その最低値は500kHzで55kW/m<sup>3</sup>、1MHzで280kW/m<sup>3</sup>であり市販高周波Mn-Znフェライトの半分以上の値になっている。また、飽和磁束密度の温度依存性を図3に示す。市販従来材では飽和磁束密度が室温25℃で470mTとかなり低い、本発明によるコアでは525mTと非常に大きな値であり120℃においても400mTと大きな値を維持していることが判る。

#### 【0020】実施例2

$\text{Fe}_2\text{O}_3$ が71.6wt%、 $\text{MnO}$ が22.5wt%、 $\text{ZnO}$ が5.9wt%の組成を持つ噴霧焙焼法によって得た粉に、 $\text{SiO}_2$ を0.025wt%、 $\text{CaO}$ 換算で $\text{CaCO}_3$ を0.110wt%、 $\text{TiO}_2$ を0.190wt%、 $\text{V}_2\text{O}_5$ を0.012wt%、 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ を0.022wt%添加しボールミルにて混合した。混合後の粉体をレーザー回折式粒度分布測定器によって解析したところ平均粒径が0.83μm、対数正規分布と見なしたときの幾何標準偏差 $\sigma_g$ は1.54であった。

【0021】この粉を実施例1と同様に成形、焼成した。平均結晶粒径は1.6μmで、その標準偏差を平均

結晶粒径で割った値は0.39であり請求項1に示した構造を持っている。このようにして得た高周波用Mn-Znフェライトコアの500kHz、1MHzでの磁束密度50mTにおける損失の温度依存性を図1および図2に示す。500kHzでの損失の最低値は実施例1の損失の13%小さい48kW/m<sup>3</sup>となっており、1MHzでは21%小さい220kW/m<sup>3</sup>となっている。飽和磁束密度の温度依存性を図3に示す。飽和磁束密度は実施例1と同様に525mTと非常に大きな値である。

#### 【0022】実施例3～14

添加物の量を変えた場合の磁気特性を調べるために、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ が71.6wt%、 $\text{MnO}$ が22.5wt%、 $\text{ZnO}$ が5.9wt%の組成を持つ噴霧焙焼法によって得た粉に添加物を加えボールミルにて混合した。ただし、焼結体の構造は請求項に示した範囲にあるように焼成時間、焼成温度を調整した。表1にその結果を示す。添加物の量は焼結体での分析値である。表1中の実施例3、実施例4は全ての添加物の組成範囲が請求項の下限と上限付近の場合を示し、実施例5～14は各添加物がそれぞれ下限と上限付近の場合についての実施例である。比較例1～7は添加物が欠けた場合の例である。中間付近の組成範囲については実施例15～33でのべる。この結果から明らかなように請求項の組成範囲にある実施例では、目的とする低損失の飽和磁束密度の高い磁気特性が得られている。これに対して添加物が一つでも欠けると損失が悪化し、飽和磁束密度も低下することがわかる。

#### 【0023】

#### 【表1】

表 1

試料	添加物 (wt%)					損失値の最低値 (kW/m <sup>3</sup> )		飽和磁束 密度 (mT)
	SiO <sub>2</sub>	CaO	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	500kHz 50mT	1MHz 50mT	800A/m 25°C
実施例 3	0.005	0.010	0.010	0.006	0.005	55	280	525
実施例 4	0.100	0.500	0.498	0.100	0.099	54	278	524
実施例 5	0.025	0.120	0.185	0.012	0.100	53	279	524
実施例 6	0.024	0.110	0.190	0.012	0.005	55	280	522
実施例 7	0.025	0.100	0.190	0.100	0.022	54	280	523
実施例 8	0.026	0.110	0.189	0.005	0.023	54	279	529
実施例 9	0.024	0.110	0.500	0.012	0.022	53	278	527
実施例10	0.025	0.120	0.010	0.013	0.022	55	278	525
実施例11	0.026	0.500	0.190	0.012	0.021	55	280	525
実施例12	0.025	0.010	0.188	0.011	0.022	52	280	524
実施例13	0.100	0.110	0.190	0.012	0.021	55	278	527
実施例14	0.005	0.110	0.190	0.012	0.022	53	277	526
比較例 1	0	0.110	0.189	0.013	0.023	934	2150	487
比較例 2	0.025	0	0.190	0.012	0.022	859	2230	478
比較例 3	0.024	0.110	0	0.012	0.023	259	904	490
比較例 4	0.025	0.110	0.180	0	0.021	208	745	488
比較例 5	0.024	0.120	0.200	0.010	0	210	830	498
比較例 6	0	0	0.170	0.011	0.020	833	1950	497
比較例 7	0.023	0.100	0	0	0	798	1720	470

## 【0024】実施例15～33

添加物量が請求項の中間付近の組成、すなわち、好ましい添加物量の範囲にある場合の磁気特性について調べるため、実施例3～14と同様な実験を行った。表2にその結果を示す。表2中の実施例15、実施例16はすべての添加物の量が好ましい範囲の下限と上限付近の場合をし示し、実施例17は中間付近の組成を持つ場合を示

す。実施例18～33は各添加物がそれぞれ好ましい範囲の下限と上限付近の場合についての実施例である。この結果から明らかなように好ましい範囲にある実施例では、損失値の更に小さい飽和磁束密度の高い磁気特性が得られている。

## 【0025】

## 【表2】

表 2

試料	添加物(wt%)					損失値の最低値 (kW/m <sup>2</sup> )		飽和磁束 密度(mT)
	SiO <sub>2</sub>	CaO	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	500kHz 50mT	1MHz 50mT	
実施例15	0.012	0.063	0.160	0.007	0.015	47	219	523
実施例16	0.032	0.150	0.240	0.019	0.024	47	220	520
実施例17	0.023	0.090	0.190	0.014	0.020	46	219	525
実施例18	0.013	0.062	0.160	0.008	0.016	48	220	522
実施例19	0.012	0.063	0.150	0.005	0.024	48	219	522
実施例20	0.013	0.063	0.150	0.020	0.016	44	217	521
実施例21	0.012	0.064	0.160	0.018	0.025	46	218	525
実施例22	0.013	0.062	0.250	0.006	0.016	48	217	525
実施例23	0.012	0.063	0.240	0.005	0.025	48	218	529
実施例24	0.012	0.062	0.250	0.019	0.015	48	220	522
実施例25	0.013	0.065	0.230	0.020	0.024	47	220	523
実施例26	0.030	0.150	0.170	0.006	0.015	48	220	520
実施例27	0.033	0.170	0.150	0.005	0.024	46	218	528
実施例28	0.032	0.160	0.160	0.018	0.016	44	219	522
実施例29	0.031	0.180	0.150	0.020	0.025	47	219	524
実施例30	0.033	0.150	0.230	0.005	0.015	48	220	526
実施例31	0.032	0.170	0.240	0.007	0.025	47	218	526
実施例32	0.033	0.150	0.250	0.020	0.016	48	217	525
実施例33	0.030	0.160	0.230	0.018	0.023	47	217	526

## 【0026】実施例34～45

SiO<sub>2</sub>を0.025wt%、CaOを0.110wt%、TiO<sub>2</sub>を0.190wt%、V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>を0.012wt%、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>を0.022wt%含んだ焼成体において主成分組成を請求項の範囲内で変えた場合についての実施例34～45の磁気特性を表3に示す。これから明らかな様に請求項に示す範囲内の主成分組成において

は、本発明の特徴である飽和磁束密度も高く高周波で低損失な材料が得られている。また、主成分の組成が請求項の範囲外にある場合の比較例8では、飽和磁束密度、損失ともに悪化していることがわかる。

## 【0027】

## 【表3】

表 3

試料	主成分組成 (wt%)			損失値の最低値 (kW/m <sup>3</sup> )		飽和磁束密度 (mT)
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	ZnO	500kHz 50mT	1MHz 50mT	800A/m 25°C
実施例34	73.5	20.5	6.0	48	220	521
実施例35	73.4	22.5	4.1	47	219	520
実施例36	73.5	21.6	4.9	46	219	522
実施例37	69.7	24.3	6.0	48	218	523
実施例38	69.6	22.5	7.9	48	220	524
実施例39	69.4	23.4	7.2	47	220	526
実施例40	71.0	24.7	4.3	46	218	521
実施例41	70.8	24.3	4.9	48	218	521
実施例42	71.4	20.6	8.0	48	219	523
実施例43	72.5	20.4	7.1	47	220	521
実施例44	70.6	21.6	7.8	48	219	523
実施例45	72.5	23.5	4.0	47	218	524
比較例 8	68.5	20.3	11.2	150	782	470

## 【0028】実施例46～47

本発明の高飽和磁束密度をもつ低損失高周波用Mn-Znフェライトは、平均結晶粒径および結晶粒径の粒度分布にその特徴がある。平均結晶粒径および結晶粒径の標準偏差を平均結晶粒径で割った値を変えた試料について 30 の実施例46～47を表3に示す。ここで、試料は実施例2に示した組成の粉を用いて作製した。焼成温度、焼成時間を制御し平均結晶粒径を変え、実施例に示す試料を得た。即ち、実施例46では1100℃で4時間、実施例47では1100℃で10時間、比較例9では1100℃で5時間、比較例10では1100℃で6時間、比較例11では800℃で11時間、比較例12では1200℃で2時間の焼成を行った。また、標準偏差は実施例2の粉に請求項の範囲内のCaCO<sub>3</sub>の粉末をさら

に局所的に加えることにより変えた。

【0029】実施例46、実施例47に示すように請求項の範囲にある平均結晶粒径、標準偏差を有する焼成体については目標とする磁気特性が得られている。これに対して標準偏差が請求項よりも大きい場合の比較例9、比較例10では損失値が悪化している。ただし、実施例1で述べた市販従来材よりは低損失である。また、平均結晶粒径の大きさが請求項に示した範囲より小さい場合の比較例11では焼成体が測定の際に破損した。これは機械的強度が足りないためであった。また、平均結晶粒径が請求範囲より大きい場合の比較例12では損失値が大きくなってしまう。

## 【0030】

## 【表4】



表 4

試料名	平均結晶粒径 ( $\mu\text{m}$ )	標準偏差 平均結晶粒径	損失値の最低値 ( $\text{kW}/\text{m}^3$ )		飽和磁束密度 ( $\text{mT}$ )
			500kHz 50mT	1MHz 50mT	
実施例46	1. 6 2	0. 4 1	47	219	521
実施例47	4. 1 0	0. 4 9	48	220	524
比較例 9	2. 0 2	0. 6 0	93	379	524
比較例10	3. 4 0	0. 5 8	99	368	526
比較例11	0. 3 0	0. 5 0	機械的強度不足のため破損		
比較例12	7. 0 0	0. 4 8	353	790	529

## 【0031】

【発明の効果】本発明の高周波用Mn-Znフェライトコアにより、従来材よりも飽和磁束密度が遙に大きくなり、500kHzおよび1MHzの損失値を更に低減できる。これにより高周波スイッチングを行うスイッチング電源用のトランス磁心材料で問題となっていた飽和磁束密度、損失の両方の特性を十分満たす材料が提供できる。

【図面の簡単な説明】

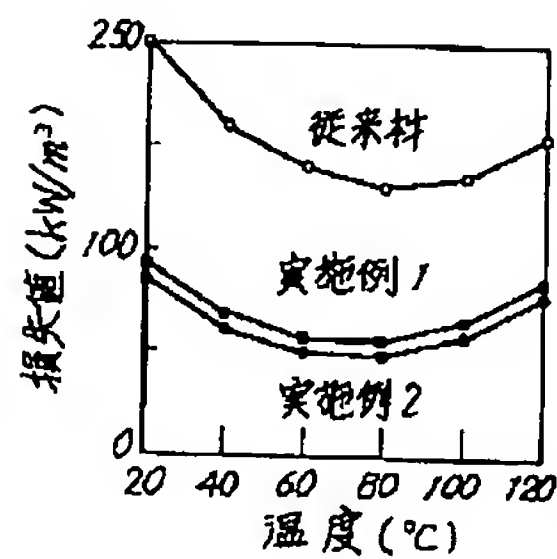
\* 【図1】実施例1、実施例2に示した本発明品と市販高周波低損失従来材との500kHz、50mTにおける損失値の温度依存性を比較した図、

【図2】実施例1、実施例2に示した本発明品と市販高周波低損失従来材との1MHz、50mTにおける損失値の温度依存性を比較した図、

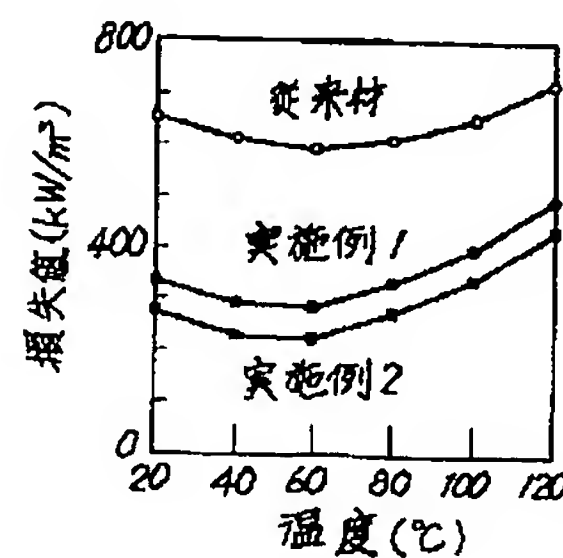
【図3】実施例1、実施例2に示した本発明品と市販高周波低損失従来材との飽和磁束密度の温度依存性を比較した図である。

\*

【図1】



【図2】



【図3】

